



LANTBRUKSHÖGSKOLAN

UPPSALA

---

# Energiutbyte inom lantbruket

*Speciellt med avseende på bevattning*

Örjan Andersson

---

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 79

UPPSALA 1974

## Innehållsförteckning

	sid
Inledning	1
Utbyte av olja i jordbruksproduktionen	1
Energiåtgång vid handelsgödsling	3
Skördeutbyte av handelsgödsel	3
Energiåtgång vid bevattning	4
Skördeutbyte av bevattning	6
Energikostnad och saluvärde	6
Sammanfattning	8
Litteraturförteckning	8

Inledning. För att bedriva jordbruk åtgår energi, dels för att tekniskt hantera produktionsapparaten, s.k. hanteringsenergi och dels för att framställa hjälpmedel för den tekniska hanteringen, s.k. hjälpmedelsenergi.

Den energi som åtgår vid jordbearbetning, sådd, skörd och transporter kan nämnas som exempel på hanteringsenergi. Denna energi utvanns tidigare huvudsakligen som muskelkraft från människor och djur. I modernt jordbruk är muskelkraften till stor del ersatt av maskiner, som fordrar bränsle i form av petroleumprodukter för att fungera.

Energiåtgången vid maskin- och redskapstillverkning samt vid framställning av handelsgödsel och kemiska bekämpningsmedel är exempel på hjälpmedelsenergi. Handelsgödselframställning utgör i modernt jordbruk den största förbrukaren av hjälpmedelsenergi.

Energi åtgår också för växternas assimilationsprocess. Assimilationsenergin, som ju erhålles direkt från solljuset, skall inte diskuteras närmare här.

Under de senaste månaderna (vintern 1973-1974) har oljepriset stigit kraftigt, och det kan förväntas stiga ytterligare. Behovet av och intresset för att utnyttja oljan så effektivt som möjligt har därför ökat.

Föreliggande uppsats är ett försök att schematiskt belysa med vilken grad av effektivitet olika produktionshöjande insatser inom jordbruket utnyttjar oljan. Tyngdpunkten har lagts på en jämförelse mellan handelsgödsel-användning och bevattning.

Utbyte av olja inom jordbruksproduktionen. Som tidigare nämnts förbrukar det tekniskt utvecklade jordbruket olja för drivning av maskiner och redskap (t.ex. traktorer, pumpar, spannmålstorkning) samt för framställning av industriprodukter för jordbrukets behov (t.ex. maskiner och redskap, dränerings- och bevattningsmaterial, handelsgödsel och bekämpningsmedel).

Tabell 1 redovisar energiåtgången i Mcal per ha för jordbruket år 1936 och 1970. I tabellen har även energiförbrukningen omräknats i oljemängd per ha för år 1970. Härvid har antagits att energiinnehållet i en liter (ca 1 kg) olja är 10 Mcal. Beräkningarna är utförda i Danmark och en sammanfattning har publicerats av Bertilsson, G. Förhållandena i Danmark sammanfaller i stort sett med de som råder i sydligaste Sverige.

Tabell 1. Energiåtgång i jordbruket år 1936 och 1970.

	Mcal per ha		Motsvarande i liter
	1936	1970	olja per ha (1970)
Handelsgödsel	180	1720	172
Mänsklig arbetskraft	50	20	2
Hästar	80	-	-
Maskintillv.	90	260	26
Drivmedel	60	900	90
El	90	720	72
Summa	550	3620	326

Den mest iögonfallande skillnaden mellan år 1936 och 1970 är den ökade energiåtgången för handelsgödsel, dvs. den ökade handelsgödselanvändningen samt den ökade energiåtgången för drivmedel. Även elkraftförbrukningen har stigit kraftigt. Elenenergin används mest inomgårds.

Hur stort är då energiinnehållet i skörden? Energiinnehållet beror av grödans art och skördens storlek. Tabell 2 anger det normala energiinnehållet i olika grödor enligt Helmenius et al. (1964) samt Jordbruksstatistisk årsbok (1973).

Tabell 2. Energiinnehåll i olika grödor.

	Vårsäd	Vall med återväxt	Potatis
Mcal/kg	2,7	2,3	0,66
Normalskörd kg/ha	3000	6000	25000
Mcal/ha	8100* 5000 13100	13800	16500

\*Halmen innehåller dessutom ca 5000 Mcal/ha

Med jordbrukets tekniska utveckling har energiutbytet per enhet insatt energi naturligt nog minskat. Medan den insatta energin mer än 6-faldigats under tidsperioden från 1936 till 1970 har t.ex spannmålsskörden ökat med ca 50 procent, vallskörden med ca 25 och potatisskörden med ca 100 procent (Statistisk årsbok för Sverige, 1937 och Jordbruksstatistisk årsbok, 1973).

Energiåtgång vid handelsgödsling. För framställning av handelsgödsel åtgår energi. Särskilt framställningen av kvävegödselmedel är energikrävande. Tabell 3 illustrerar den ungefärliga energiåtgången (Gunnarsson, 1974).

Tabell 3. Energiåtgång för framställning av N, P och K-gödselmedel

Gödselmedeltyp	Energiåtgång i Mcal per kg N, P resp. K
Kvävegödselmedel (N)	1,55
Fosforgödselmedel (P)	1,5
Kaliumgödselmedel (K)	0,4

I Sverige använder man i genomsnitt 73 kg N, 22 kg P och 38 kg K per ha och år. För framställning av denna handelsgödselmängd åtgår ca 118 kg olja (Gunnarsson, 1974).

Skåne har de högsta gödselgivorna i landet. Där använder man ca 105 kg N, 32 kg P och 66 kg K per ha. Oljeförbrukningen för framställning av denna mängd handelsgödsel är ca 170 kg (Gunnarsson, 1974).

För utspridning av gödsel åtgår dessutom ca 5 l olja per ha (Databok för driftsplanering, 1971).

Skördeutbyte av handelsgödsel. I slutet av 1800-talet var riksmedelskörden för korn 1300-1400 kg per ha. I Mälardalen var kornskörden vid samma tidpunkt ca 1500 kg per ha och i Skåne var skördarna endast obetydligt högre, 1500-1600 kg per ha. (Jansson, 1970).

Grödorna var då i stort sett hänvisade till markens egen växtnäring. De förhållandevis låga skördarna i Skåne berodde troligen på att åkermarken var starkt utarmad. I Mälardalen där förhållandet mellan slåttermarksarealen och antalet djur per arealenhet åker var högre hjälptes situationen upp av den högre stallgödseltillförseln till åkermarken.

Ungefär vid sekelskiftet förändrades jordbruket starkt och handelsgödsel började användas. Skördarna har därefter ökat successivt. Den bärgade kornskörden beräknas i genomsnitt för landet åren 1968-1972 till drygt 3000 kg per ha. I Skåne och Mälardalen var kornskörden under denna tidsperiod i genomsnitt 3900 respektive 3100 kg per ha. (Jordbruksstatistisk årsbok, 1968-1973).



Genom att sluta använda handelsgödsel skulle skördarna sannolikt minska mycket kraftigt de första åren. Efter ett antal år torde skördarna stabilisera sig på en något högre nivå än den som rådde vid 1800-talets slut, bl.a. beroende på att vi numera har mer högavkastande sorter och på att åkermarken är bättre dränerad.

En skördeminskning med 2000 kg spannmål per ha torde vara rimligt för en gård i Skåne. För landet som helhet torde skördeminskningen bli mindre, uppskattningsvis 1500 kg per ha. Enligt tidigare angivna värden över energiåtgång vid handelsgödselframställning och gödselgivornas storlek kan beräknas att varje liter olja insatt i handelsgödsel ger ca 12 kg korn i merskörd såväl i Skåne som för landet i genomsnitt. Med kännedom om spannmålsens energiinnehåll (tab. 2) kan beräknas att för varje liter olja insatt i handelsgödsel erhålles ca 32 Mcal i form av ökad skörd. Man får sålunda igen ungefär tre gånger av den insatta oljeenergin i merskörden.

I detta sammanhang bör påpekas att skördeutbytet per ka gödsel blir mindre ju närmare toppen på avkastningskurvan man kommer. I Skåne, där man sedan länge haft höga gödselgivor, har t.ex. en nära fördubblad kvävegödsling i korn sedan slutet på 1950-talet inte medfört någon påtaglig skördestegring (Jansson 1970). Då man överskrider maximum på avkastningskurvan riskeras liggsäd med kvalitetssänkningar på grödan.

Energiåtgång vid bevattning. För att pumpa upp vatten från en vattentäkt till ett fält åtgår energi. Denna energiåtgång är direkt proportionell mot den uppumpade vattenvolymen och pumpens arbetstryck, dvs.

$$w = p \cdot V \quad (1) \quad ; \quad V = \frac{w}{p}$$

där,  $w$  = energiåtgång (kpm)

$p$  = pumpens arbetstryck ( $\text{kp/m}^2$ )\*

$V$  = uppumpad vattenvolym ( $\text{m}^3$ )

Pumpens arbetstryck är högre än vattentrycket ute vid spridarmunstyckena. Det förekommer alltid mer eller mindre stora tryckförluster (energiförluster) i ledningarna. Dessa förluster har sin grund i:

- anläggningens dimensionering (rörens längd och diameter)
- anläggningens tekniska utförande (rörens skrovlighet, rörskarvarnas utformning och krökar på ledningen)
- tryckhöjdskillnaden mellan vattentäkt och spridare

---

\*Pumpars arbetstryck uttrycks vanligen i  $\text{kp/cm}^2$ , dvs. 1/10 000  $\text{kp/m}^2$

Den uppumpade vattenvolymen sprids ut över en viss areal. Den utspridda vattenvolymen per ytenhet benämnes bevattningsgiva, dvs:

$$Q = \frac{V}{A} \quad ; \quad Q \cdot A = V \quad (2)$$

där,  $Q$  = bevattningsgiva (m)

$V$  = uppumpad vattenvolym ( $m^3$ )

$A$  = bevattnad areal ( $m^2$ )

I vanliga fall används ej de i formel 2 angivna sorterna på den bevattnade arealens och bevattningsgivans storlek. Bevattningsgivan ( $Q$ ) uttrycks vanligen i millimeter och den bevattnade arealen ( $A$ ) uttrycks ofta i ha. En bevattningsgiva på 1 mm per ha motsvarar  $10 m^3$  vatten.

Antag att en bevattningsanläggning drivs med en dieselmotor vid kraftuttaget på en traktor. Hur många liter dieselolja åtgår då för att pumpa upp 1 mm vatten på en yta av 1 ha?

För att kunna besvara denna fråga måste man bl.a. känna till dieselmotorns specifika bränsleförbrukning, dvs. bränsleförbrukningen per hästkraft och timme, samt bevattningspumpens verkningsgrad, dvs. förhållandet mellan bevattningsvattnets flödesenergi och den energi som traktorn utvecklar via kraftuttaget. Med hjälp av formlerna 1 och 2 kan formel 3 uppställas:

$$X = \frac{Q \cdot A \cdot p \cdot b_e \cdot k_1}{\eta} \quad (3)$$

där,  $X$  = bränsleförbrukning (kg)

$Q$  = bevattningsgivan (m)

$A$  = bevattnad areal ( $m^2$ )

$p$  = pumpens arbetstryck ( $kp/m^2$ )

$b_e$  = motorns specifika bränsleförbrukning (g/hkr)

$k_1$  = omvandlingsfaktor från g/hkr · tim till kg/kpm · sek (1/270)

$\eta$  = bevattningspumpens verkningsgrad (%)

Antag att bevattningspumpen arbetar med trycket  $7 kp/cm^2$ , att dess verkningsgrad är 60 procent och att traktorns specifika bränsleförbrukning är 300 g/hkr · tim. Genom insättning i formel 3 kan bränsleförbrukningen för att bevattna 1 ha med 1 mm vatten beräknas till 1,3 kg dieselolja.

Skördeutbyte av bevattning. Förutsättningen för att bevattning skall ge utslag i form av ökad skörd är att vatten är den begränsande faktorn för grödan. De senaste somrarna har varit ovanligt nederbördsfattiga och bevattning av bl.a. potatis, vall och vårsäd har givit kraftiga skördeökningar. Särskilt gäller detta för de sydöstra delarna av landet och för Mälardalen där försommartorkan varit ovanligt intensiv.

Resultaten av försök med bevattning kan sammanfattas på följande sätt. I potatisodlingar har varje millimeter vatten givit en skördeökning med ca 100 kg per ha och i vårsäd har en bevattningsgiva på 30 mm i medeltal givit en skördeökning på 800 kg per ha vid normal gödsling. Påpekas bör att försöken med vårsädsbevattning har pågått endast i två år och försöksunderlaget är därför litet.

Med ledning av dessa försöksresultat och beräkningar enligt formel 3 kan skördeutbytet per liter olja insatt i bevattning beräknas. Varje liter dieselolja motsvarar en bevattningsgiva på 0,77 mm per ha och denna bevattningsgiva motsvarar en skördeökning på ca 77 kg potatis eller ca 20 kg vårsäd. Med kännedom om potatisens resp. vårsädens energiinnehåll (tab. 2) kan beräknas att en liter olja insatt i bevattning av dessa grödor ger drygt 50 Mcal. Man får sålunda igen ungefär fem gånger den insatta oljeenergin i form av ökad skörd vid bevattning av vårsäd och potatis. I denna kalkyl har energiförbrukningen vid flyttning av rören och energiåtgången vid tillverkning av anläggningen ej tagits med.

Energikostnad och saluvärde. Vid produktion av energikrävande varor utgör energikostnadsandelen ofta en stor del av produktionsvärdet. Tabell 4 illustrerar energikostnadsandelen i förhållande till saluvärdet för olika industribranscher. (Hagströmer, 1974).

Tabell 4. Energikostnadsandel i förhållande till saluvärdet för olika industribranschens produkter.

Bransch	Energikostnadsandel i procent av saluvärdet
Cement och kalkindustri	17,5
Gödselmedelsindustri	5,1
Livsmedelsindustri	1,0
Maskinindustri	1,2
Järn- och stålverk	7,9
Massa- och pappersindustri	5,3



För jordbruket som helhet har man skattat energikostnadsandelen till 3,4 procent av jordbruksprodukternas saluvärde. För vissa gödselmedel är dock energikostnadsandelen avsevärt högre än tabell 4 visar. Vid framställning av t.ex. kalkammonsalpeter är enertikostnadsandelen ca 25 procent av saluvärdet. En fördubbling av energipriset medför således att saluvärdet torde stiga med ca 25 procent på detta gödselmedel.

Vid normal gödsling (73 kg N, 22 kg P och 38 kg K) åtgår som nämnts 118 kg olja. Antag att merskördens av denna gödsel blir ca 1500 kg per ha. Antag vidare att såväl olje- som spannmålspriset är ca 0,50 kr per kg. Energikostnadsandelen för handelsgödseln uppgår då till 8 procent av merskördens saluvärde.

Ovan nämnda gödselmängd kostar för jordbrukaren ca 200 kr. Med spridningskostnaderna inräknade uppgår de totala gödselkostnaderna till drygt 30 procent av merskördens värde.

Hur stor är då energikostnadsandelen vid bevattning? Antages att olje- och spannmålspriserna är 0,50 kr per kg och potatispriset är 0,25 kr per kg finner man att energikostnadsandelen vid vårsädesbevattning är ca 5 procent av merskördens värde. Energikostnadsandelen vid bevattning av potatis är lägre, ca 2,8 procent av merskördens värde.

Totalkostnaderna för bevattning (10-årig avskrivning på anläggningen, ränta, underhåll, drivkälla, drivmedel, manstimmar, traktortimmar) uppgår till ca 150-250 kr per ha och år (Linnér, 1974). Av detta framgår att de totala bevattningskostnaderna är av samma storleksordning som gödselkostnaderna per ha.

Med en höjning av oljepriset följer förutom ökade driftskostnader även ökade anläggningskostnader på bevattningsanläggningarna. Energikostnadsandelen för framställning av bevattningsanläggningar torde ligga över den övriga maskinindustriens. Plastslangar har t.ex. redan stigit kraftigt i pris p.g.a. ökade energikostnader. Aluminiumrören kan också förväntas att stiga i pris, eftersom framställning av aluminium är utomordentligt energikrävande. Mindre energikrävande bevattningssystem torde då bli mer intressanta att undersöka och utveckla.

Sammanfattning. I föreliggande uppsats har visats att man med insats av handelsgödsel och bevattning kan utnyttja solenergin och marken mer effektivt än utan insats av dessa produktionsmedel. Genom insats av handelsgödsel och bevattning kan man så att säga höja räntan på solenergiens kapital. Oljeenergi insatt i handelsgödsel och bevattning kan därför sägas vara god energihushållning i en värld som utmärks av brist på livsmedel.

Marken har normalt mycket större kapacitet som växtnäringsleverantör än som vattenmagasin. Bevattningseffekten är därför mer beroende av årsmånen. Genom bevattning kan man utnyttja gödseln mer effektivt och få hyggliga skördar även under torra år.

Vid normala gödselgivor får man igen ungefär tre gånger av den insatta oljeenergin i merskörden. Bevattning har i de senaste årens försök givit en ännu mer positiv energibalans. Man har där fått igen ungefär fem gånger av den insatta oljeenergin i merskörden.

#### Litteratur

Bertilsson, G., 1974. Svenskt jordbruk: Dubbelt totalutbyte per insatt enhet. Lantbruksnytt, nr 2, s. 4 och 7

Databok för driftsplanering 1971. Lantbrukshögskolans meddelanden B, 14. Uppsala

Gunnarsson, o., 1974. Handelsgödsel och energi. Växtpressen, nr 2, s 4-7

Hagströmer, E., 1974. Några synpunkter på jordbrukets energifrågor. Lantmannen, nr 1, s. 8-9.

Helmenius, A., m.fl., 1964. Husdjursskötsel. LT:s förlag, s. 517-523.

Jansson, S-L., 1970. Odlingens markens bördighet. Ymer, Årsbok 1970. Esselte tryck, Stockholm s. 29-45.

Jordbruksstatistisk årsbok, 1968-1973. Statistiska Centralbyrån, Stockholm

Linnér, H. 1974. Bevattning av vårsäd och våroljeväxter. Lantmannen, nr 5, s. 12-13.

Statistisk årsbok för Sverige, 1937, Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

Denna skriftserie, benämnd Stenciltryck, utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik vid Institutionen för markvetenskap, Lantbrukshögskolan. Serien utkommer i fri följd och innehåller undersökningsresultat och annat material, som avdelningen funnit angeläget att redovisa, men som av olika anledningar ej befunnits möjligt att framlägga i tryck, exempelvis i den från institutionen utgivna tidskriften Grundförbättring. Sådana anledningar kan vara att ett arbete är för omfångsrikt att tryck, är av mera preliminärlär natur eller vänder sig till en för liten grupp av läsare.

Serien finns tillgänglig vid avdelningen, och enskilda nummer kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Lantbrukshögskolan, Inst. för markvetenskap, Avd. för lantbrukets hydroteknik,  
750 07 UPPSALA 7.

Address: Agricultural College of Sweden, Dept. of Soil Science, Div. of Agr. Hydrotechnics,  
S-750 07 UPPSALA 7, Sweden.